

計量管理概論

注意事項

- 1 解答時間は、午後2時40分から午後3時50分までの1時間10分である。
- 2 答案用紙の所定の欄に、氏名、生年月日及び受験番号を正確に記入し、生年月日及び受験番号については、その下のマーク欄にもマークすること。
- 3 問題は25問で、全問必須である。
- 4 出題の形式は、各問に対して五つの選択肢が用意されており、その中から一つの解答を選ぶ五肢択一方式である。
- 5 マークの記入は、答案用紙に記された記入例を参照すること。
- 6 解答の記入に当たっては、次の点に注意すること。
 - (1) 解答は、各問の番号に対応するマーク欄に一か所のみマークすること。
 - (2) 筆記具はHBの黒鉛筆又は黒シャープペンシルを用い、マーク欄の枠内をぬりつぶすこと。
 - (3) 解答を修正する場合は、消しゴムできれいに消して、消しくずを残さないようにすること。
 - (4) 答案用紙は、汚したり、折り曲げたりしないこと。
- 7 携帯電話の電源は切り、電卓は使用しないこと。

以上の注意事項及び係官からの指示事項が守られない場合には、採点されないことがある。

指示があるまで開かないこと。

問1 計測管理に関する次の記述の中から、不適切なものを一つ選べ。

- 1 計測管理を実行することで、正確な測定が実現でき、製品の品質向上に役立つ。
- 2 工程で作られる製品の品質を良くするためには、工程における計測管理に常に多くの費用をかけることが必要である。
- 3 計測管理の目的には、測定器や測定方法の正確さの維持だけではなく、測定方法の選択、測定結果の評価及びその適切な利用が含まれる。
- 4 工程中でどのような測定器を使用するかを決めることは、計測管理の重要な役割の一つである。
- 5 計測管理は、測定担当者が中心となる活動であるが、それ以外の製造担当者や検査担当者が参加することも重要である。

問2 生産工程における計測管理活動に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 工程管理の活動では、その工程で作られる製品の特性のばらつきを低減するために、工程の改善や標準化などが行われる。
- 2 製造工程の中の測定で発生する測定誤差を小さくするためには、可能な限り製品や工程を設計する段階で対策を取ることが効果的である。
- 3 検査では、何らかの方法による製品特性の測定や試験を行い、その結果とあらかじめ規定された要求事項とを比較して、個々の製品に対する適合品・不適合品の判断が下される。
- 4 製造工程において、規格外の製品を製造してしまう原因の一つとして、工程で使用する測定機器の適切な管理ができていないことがある。
- 5 製造工程において使用される \bar{x} - R 管理図は、製品特性の平均値を管理特性として図示する \bar{x} 管理図と、標準偏差を管理特性として図示する R 管理図からなる。

問3 下記のAとBは、ある測定値をSI単位で表記したものである。A=Bの関係が成立していないものはどれか。一つ選べ。

	A	B
1	500 hPa	5×10^4 Pa
2	0.1 μm	100 nm
3	1000 N·m	1 kJ
4	2 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$	19.6 N
5	400 J/s	0.4 kW

問4 次の文章は国際文書「計測における不確かさの表現のガイド」(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement、略称GUM)に従って測定の不確かさを評価する方法について述べたものである。(ア)~(エ)に入る語句の組合せとして正しいものを一つ選べ。

は、「測定の結果について、合理的に測定量に結びつけられ得る値の分布の大部分を含むと期待される区間を定める量」と定義されており、不確かさの表現の一つである。これを求めるために次のようにする。まず、測定の数学モデルにおいて出力量が依存する入力量のそれぞれについて標準不確かさを求める。次に、不確かさの伝播則に従って、各入力量の標準不確かさに重みとなるを乗じ、その結果の2乗和の正の平方根で計算されるを求める。さらに、にを乗じてを求めることができる。ここで、の値は信頼の水準に依存して決まる。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
1	合成不確かさ	感度係数	合成標準不確かさ	包含係数
2	拡張不確かさ	換算係数	拡張標準不確かさ	感度係数
3	合成不確かさ	包含係数	合成標準不確かさ	換算係数
4	標準不確かさ	換算係数	拡張標準不確かさ	感度係数
5	拡張不確かさ	感度係数	合成標準不確かさ	包含係数

問5 測定信頼性に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 測定結果の不確かさを見積もるとき、不確かさ成分の一部は、同一測定量に対する一連の測定値の統計的解析に基づいて評価することができる。
- 2 間接測定における測定結果の不確かさは、測定量と一定の関係にある各量の測定結果の不確かさを評価しても求めることはできない。
- 3 JIS Z 8103 (計測用語) では、測定結果の正確さと精密さを含めた、測定量の真の値との一致の度合いを精度として定義している。
- 4 測定器の精密さの指標として、一連の測定値の標準偏差を用いることができる。
- 5 測定を繰り返して平均値をとるとき、繰り返し数が多くなるほど、偶然誤差による平均値のばらつきの程度は小さくなる。

問6 統計的手法に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 n 個の測定値 x_i ($i=1, 2, \dots, n$) がある。試料標準偏差 (不偏分散の正の平方根) s は、測定値 x_i 及びその平均値 \bar{x} により、次式で求めることができる。
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$
- 2 2組のデータのばらつきの程度に違いがあるかどうかを判断するには、その分散の差を用いた F 検定が用いられる。
- 3 測定量 a 、 b に対する測定値の母標準偏差をそれぞれ σ_a 、 σ_b とするとき、 $a-b$ の母標準偏差は、 $\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}$ である。ただし、 a と b には相関はないとする。
- 4 n 個の測定値 x_i ($i=1, 2, \dots, n$) がある。各測定値 x_i とその平均値 \bar{x} の差の2乗の和を平方和という。
- 5 二つの母集団の標準偏差が未知の場合、二つの母集団の平均に統計的な差があるかどうかを判断するときには、 t 検定が用いられる。

問7 計測用語 (JIS Z 8103) について説明した次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 ばらつきとは、測定値の母平均から真の値を引いた値である。
- 2 相対誤差とは、真の値に対する誤差の比のことである。
- 3 偏差とは、測定値から母平均を引いた値である。
- 4 残差とは、測定値から試料平均を引いた値である。
- 5 母分散とは、測定値の母集団についての分散のことである。

問8 2つの変数 X 、 Y の間の相関を調べるため複数のデータ対 (x_i, y_i) を集め、 X 、 Y 間の相関係数 r_{XY} を求めた。その後の検討の結果、 $Z=aY+b$ の関係式に従って Y を変数変換した Z について、 X との相関係数 r_{XZ} を求める必要があることが判明した。ただし、 a 、 b は定数であり、 $a < 0$ である。このとき、 r_{XZ} に関する次の記述の中から、正しいものを一つ選べ。

- 1 r_{XZ} は $ar_{XY}+b$ に等しい。
- 2 r_{XZ} は $\frac{r_{XY}}{a}-b$ に等しい。
- 3 r_{XZ} は ar_{XY} に等しい。
- 4 r_{XZ} は $-r_{XY}$ に等しい。
- 5 r_{XZ} は r_{XY} で表すことはできない。

問9 製造工程中の現場測定のスN比を評価する実験に関する次の記述の中から、最も適切なものを一つ選べ。

- 1 実験を行う前に、測定器を校正しておかないと、測定のスN比を求めることはできない。
- 2 現場測定のスN比を求めるためには、正しい標準一つを用意し、測定環境を整えた上で、標準に対する読みと標準の値の差を求める。
- 3 値 x が異なる複数の標準に対する読み y を得てから、 $x=\beta y+e$ の関係式を仮定し、誤差分散(e の分散) σ^2 を評価する。
- 4 信号因子には実物標準(実物と同じような成分、材質、もしくは形態等を持ち、標準値がわかったもの)を用い、その水準値は測定範囲をカバーするように設定する。
- 5 測定誤差を改善するための制御因子として、測定器の設定条件など、測定者が選択可能な因子A~Fをすべて3水準とし、3水準の信号因子Mと2水準の誤差因子Nをとりあげ、直交表 L_{18} の1列にN、2列にM、3~8列にA~Fをわりつける。

問10 水準数 a の因子Aを取り上げた繰り返しのある一元配置法の実験において、因子Aの第 i 水準における第 j 繰り返しにおいて得られたデータを y_{ij} と表す。このデータの分散分析において、因子Aの効果を表す平方和 S_A の計算式として正しいものを次の中から一つ選べ。

ただし、繰り返し回数 r はAの水準によらず一定であり、 \bar{y}_i は添え字 j についての平均($\bar{y}_i = \sum_{j=1}^r y_{ij}/r$)、 \bar{y}_j は添え字 i についての平均($\bar{y}_j = \sum_{i=1}^a y_{ij}/a$)、 $\bar{\bar{y}}$ は総平均($\bar{\bar{y}} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r y_{ij}/ar$)を表すものとする。

- 1 $r \sum_{i=1}^a \bar{y}_i^2$
- 2 $a \sum_{j=1}^r \bar{y}_j^2$
- 3 $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r y_{ij}^2$
- 4 $r \sum_{i=1}^a (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2$
- 5 $a \sum_{j=1}^r (\bar{y}_j - \bar{\bar{y}})^2$

問11 測定標準とトレーサビリティに関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 国家標準間の同等性は、各国の国家計量標準機関によって行われる国際比較で確認される。
- 2 現場の測定値が国家標準にトレーサブルであるためには、測定器が国家計量標準機関によって直接校正される必要はなく、JCSS登録事業者によって校正されてもよい。
- 3 SI単位で表記されていない測定の結果は、国家標準にトレーサブルにすることができない。
- 4 社内校正によりトレーサビリティを確保するためには、標準の維持管理だけでなく、測定器を校正する手順などを含めた校正システムを整備して、不確かさを求めておくことが必要である。
- 5 測定器の校正後の測定値に付けられる不確かさの中には、校正に用いられる標準の値の不確かさも含まれる。

問12 測定のトレーサビリティに関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 国家標準へのトレーサビリティが確認されている測定器を用いていても、測定器の保守が不適切であったり、測定器の仕様で保証されていない環境下での測定を行っている場合、測定結果に大きな誤差が含まれることがある。
- 2 測定標準を用いて測定器を校正する際、校正結果に対する不確かさが評価されていなければ、校正された測定器とその測定標準の間にトレーサビリティが成立しているとは言えない。
- 3 開発の目的で使用している測定器は国家標準へのトレーサビリティを確実にしておく必要があるため、コストがかかっても、全ての測定器について、校正証明書が発行される外部校正を定期的に受けなければならない。
- 4 トレーサビリティを確保することにより、測定結果の正確さを把握することが可能となる。
- 5 社内での整合性のみが必要な測定については、安定な社内標準を用いて測定器の校正を行っておけば、必ずしも国家標準へのトレーサビリティを成立させる必要はない。

問13 測定器の校正に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 使用環境の変化などによって生じる測定器の目盛りの狂いを修正するために、測定器の校正が行われる。
- 2 実際の製品を測定したときの誤差の大きさは、測定標準を測定したときの誤差の大きさと必ず一致する。
- 3 測定器の校正方法には比例式校正や一次式校正などいくつかの方法があるが、使用する校正方法によって校正後の測定誤差の大きさが異なることがある。
- 4 作業現場などで日常的に測定器の校正や点検を行う場合、使用する標準の数を決める際には校正にかかるコストを考慮することも必要である。
- 5 測定器の校正を行っても、測定の偶然的なばらつきを減少させることはできない。

問14 測定量の値がゼロであるとき読みがゼロになることがあらかじめわかっている測定器の校正を行う。値 x_0 が十分正確にわかっている標準を一つ用意し、これを r 回測定したときの読みが y_i ($i=1, 2, \dots, r$)であった。この結果を用いて、測定量の範囲 $0 \sim x_0$ の全域で利用可能な、零点比例式にもとづく校正式を作成する手続きとして、正しいものを次の中から一つ選べ。

ただし、 \bar{y} は y_i の平均値 ($\bar{y} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r y_i$)である。また、校正式とは、真値 x が不明の測定量を測ったときの読みを y とすると、 x に対する推定値 \hat{x} を y を用いて表す式とする。

- 1 $d = \bar{y} - x_0$ を計算し、これを用いて $\hat{x} = y + d$ とする。
- 2 $d = \bar{y} - x_0$ を計算し、これを用いて $\hat{x} = y - d$ とする。
- 3 $b = \frac{\bar{y}}{x_0}$ を計算し、これを用いて $\hat{x} = by$ とする。
- 4 $b = \frac{\bar{y}}{x_0}$ を計算し、これを用いて $\hat{x} = \frac{y}{b}$ とする。
- 5 $b = \frac{\bar{y}}{x_0}$, $d = \bar{y} - x_0$ を計算し、これらを用いて $\hat{x} = by + d$ とする。

問15 測定器の校正後の誤差の大きさを表す測度に測定のスN比がある。測定のスN比は、信号因子として値の異なる測定対象 M_i ($i=1, 2, \dots, k$)を測定したとき、それらの読み y_i ($i=1, 2, \dots, k$)が測定対象の変化に正しく応答しているかどうかを表す。測定のスN比やその算出に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。ただし、 β は定数である。

- 1 $y=\beta M$ の関係を想定し、測定器の読み y を β で割って測定対象の真の値を推定するのが比例式校正である。
- 2 $y=\beta M$ を仮定したときの回帰分析における誤差分散を σ^2 としたとき、比例式校正をした後の誤差分散は σ^2/β^2 で与えられ、その逆数がスN比である。
- 3 $y=\beta M$ を仮定したときの回帰分析における誤差分散を σ^2 としたとき、校正せずに読み y をそのまま真の値の推定値とする場合の誤差分散は σ^2 である。
- 4 適切な測定誤差の評価実験では、測定誤差の原因になるような誤差因子を取り上げる必要がある。
- 5 測定のスN比を用いると、感度調整をしないままの測定器による測定データから、感度調整をした後の誤差の大きさを予測することが可能である。

問16 測定のスN比 η は、感度係数 β の2乗と読みの誤差分散 σ^2 を用いて、 $\eta=\beta^2/\sigma^2$ で与えられる。測定のスN比 η に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 測定器の読みのばらつきが小さくなくても、スN比は大きくなるとは限らない。
- 2 信号因子の水準値の絶対値が不明でも水準間の差がわかるものであれば、スN比は求められる。
- 3 スN比を分散分析する場合にはデシベル変換されたものが用いられる。
- 4 測定対象が同じ二つの測定器の読みの単位が異なる場合、信号因子の単位が同じであっても、求められたスN比の単位は異なるものとなる。
- 5 スN比は、測定器や測定方法の良否の比較をするときに用いることができる。

問17 伝達関数 $G(S)$ が $1/(1+TS)$ の一次遅れ系で与えられる制御系がある。ここで T は時定数と呼ばれる定数である。この制御系に関するa～eの記述のうち、正しいものの組合せを1～5の中から一つ選べ。

- a この制御系の単位ステップ応答波形は $1-\exp(-t/T)$ で表される。
- b この制御系の単位ステップ応答波形は $\exp(-t/T)$ で表される。
- c T を求めるには、単位ステップ応答について、原点での接線が定常値に交わるまでの原点からの時間を求めればよい。
- d T を求めるには、単位ステップ応答について、定常値の36.8%に達するまでの原点からの時間を求めればよい。
- e T を求めるには、単位ステップ応答について、定常値の63.2%に達するまでの原点からの時間を求めればよい。

- 1 bとc
- 2 bとe
- 3 aとd
- 4 bとd
- 5 aとcとe

問18 ある測定器によって得られた数値データが10進数で「111」であった。この値を8ビットのデジタル量として表現するために2進数へ変換した数値として、正しいものを次の中から一つ選べ。

- 1 0000 0111
- 2 0101 1010
- 3 0110 1111
- 4 0110 0100
- 5 1010 1111

問19 計測管理におけるコンピュータの利用に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 製造工程にコンピュータを導入することにより、製造工程の稼働状況を長時間にわたって記録し、その結果を効率よく解析することができる。
- 2 計測管理活動にコンピュータを使用し、データの取り扱い方の標準化を行うことで、計測管理担当者間で測定データを相互利用することが容易となる。
- 3 アナログ信号の量子化においては、連続的な量の大きさが幾つかの区間に区分され、各区間内では同一の値とみなされる。
- 4 アナログ信号をAD変換して得られたデジタル信号を、さらにDA変換によりアナログ信号に戻すとき、元の信号との差は生じない。
- 5 計測管理システムの構築では、測定器とコンピュータを合わせたハードウェアだけでなく、測定結果の処理や管理を行うためのソフトウェアの適切な設計や選択も重要である。

問20 アイテムの信頼性の評価において、信頼度関数 $R(t)$ は、運転開始を $t=0$ として、ある時点 t で全体の何%が機能しているかを表す。信頼度関数に関連する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。ただし、 $F(t)=1-R(t)$ は故障分布関数又は不信頼度関数といい、ある時点 t までの累積故障率を表している。 $F(t)$ を時間 t で微分した $f(t)$ を故障密度関数と呼んでいる。すなわち、

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}, F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

である。

- 1 $R(0)=1$ で、運転開始時点では、全体の100%が機能している。
- 2 $R(\infty)=0$ で、時間が十分たつと、全体の100%が機能しなくなる。
- 3 $R(a)-R(b)$ は、時間 $t=a$ から $t=b$ の間に故障が起こる確率を表し、故障分布関数で表せば $F(a)-F(b)$ に等しい。
- 4 $\lambda(t)=f(t)/R(t)$ は故障率関数であり、ある時点 t まで無故障であったものが微小時間内に故障する割合である瞬間故障率を表す。
- 5 $\int_0^{\infty} tf(t) dt$ は最初の故障までの平均時間であり、非修理アイテムでは平均故障寿命 (MTTF) を表す。

問21 品質管理に用いる統計的手法に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 製品特性のばらつきを調べるために、100個の製品について製品特性の目標値からのずれのデータを取り、横軸にずれの大きさの区分、縦軸にその個数をとったヒストグラムを作成した。
- 2 毎日の工程状態が安定していることを確認するために、工程内の重要な管理特性について $\bar{x}-R$ 管理図を作成した。
- 3 同一製品を工程A、Bの二つの製造ラインで製造しているとき、A、Bからそれぞれの製品を100個ずつとり、その特性値を測定した。その結果を平均値と標準偏差で表したところ、平均値はほぼ同じであったが、標準偏差に1.5倍の差があった。そこで、工程のばらつきにAとBで有意な差があるかどうかを検定した。
- 4 工程中の不良項目を横軸に、不良件数を縦軸にとり、発生件数とその累積割合を項目別に示したパレート図を作成すれば、不良項目と不良件数の間の相関係数を求めることができる。
- 5 品質管理に用いる統計的手法は、一つの問題解決に対して複数の方法が存在する場合があり、いくつかの方法の中から適切な方法を選ぶことが重要である。

問22 検査に関する次の記述の中から、最も適切なものを一つ選べ。

- 1 製品をロット単位の抜き取り検査で選別することにより、ロット内のばらつきを小さくすることができる。
- 2 工程管理が良好で製品のばらつきが小さい場合でも、全数検査をすべきである。
- 3 検査のための合否判定では、その判定に使用する測定値の不確かさは考慮しなくてもよい。
- 4 検査によって製品特性が損なわれる場合には、全数検査よりも抜き取り検査が適している。
- 5 臭いや味といった項目を人が検査する官能検査は、検査者によって判断が異なるので実施すべきではない。

問23 \bar{x} - R 管理図に関する次の記述の中の下線部ア～オの正誤の組合せとして正しいものを1～5の中から一つ選べ。

\bar{x} 管理図の部分では、工程の平均の動きを見るために、同時にとったサンプル n 個のデータの平均値 \bar{x} を縦軸にとる。 \bar{x} 管理図の上方管理限界と下方管理限界は、全ての群の範囲 R の平均値 \bar{R} の値に群の大きさ (サンプル数) n によって決まる係数を乗じた値から求められ、多数のデータから求めた総平均値 $\bar{\bar{x}}$ から異なる距離に設定される。

一方、 R 管理図の部分では、工程のばらつきを見るためにサンプル n 個のデータの範囲 R を縦軸にとる。 R 管理図の管理限界は、全ての群の範囲 R の平均値 \bar{R} の値に群の大きさ n によって決まる係数を乗じた値として求められる。群の大きさ n が6以下の場合には、 R 管理図の下方管理限界は、群の大きさから決められる係数がゼロ以下となるので必要ない。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	正	正	誤	正	誤
2	正	誤	正	正	正
3	誤	誤	正	正	誤
4	正	正	誤	誤	正
5	誤	誤	正	誤	正

問24 計測管理の業務を行うに当たっているいろいろな手法が用いられる。次の記述の中から不適切なものを一つ選べ。

- 1 ある測定方法を採用するに当たり、測定の目的に対して十分であるかどうかの検討事項の一つとして、国際文書「計測における不確かさの表現のガイド」に従って測定の不確かさを評価した。
- 2 製品の許容差に比べ測定の不確かさが大きいので、測定方法の改善のために、測定条件を制御因子として取り上げたパラメータ設計の実験を行った。
- 3 ある測定方法において測定値のトレーサビリティを確保するために、外部のJCSS登録事業者に測定器のJCSS校正を依頼した。
- 4 測定器のばらつきとかたよりに異常がないことを監視するために、管理用試料を定期的に測定する np 管理図（不適合品数の管理図）を用いた。
- 5 測定担当者に測定を習熟させるために、測定現場で熟練者が教える OJT（On the Job Training）による教育訓練を行った。

問25 社内標準化に関する次の記述の中から、誤っているものを一つ選べ。

- 1 製品の不良率を低減させるためには、社内標準化だけでは十分ではない。
- 2 自動化されて人手のかからない工程に対する標準化は必要ない。
- 3 製品の合否判定方法の標準化を行うことによって、判定のミスが減る。
- 4 技術の成熟した製品の仕様の標準化は、部品の種類の減少につながり、メンテナンス性の向上や価格の低下など、消費者にとっても有利である。
- 5 作業者の教育・訓練のために、工程の標準化の中で作成した文書類を利用することができる。